



April 1947

Hamburger Funk-Technik

FÜR DEN FACHMANN UND DEN BASTLER

Herausgeber und Hauptschriftleiter: Ing. H. Zimmermann, Hamburg 1, Stiftstrasse 15 · H. H. Nölke Verlag, Hamburg 20, Hegestrasse 46

Preis 0,80 RM.

Bauanleitung Nr. 7

RC-Meßbrücke mit magischem Auge oder Kopfhörer als Indikator

bearbeitet von Ing. H. Hamm

Sondereigenschaften:	Prinzip	Wechselstrombrückenschaltung nach Wheatstone
	Meßbereich	Ohmsche Widerstände - R - 7 Bereiche von 0,1 Ohm bis 10 MOhm Kapazitäten - C - 7 Bereiche von 10 pF bis 10 µF
	Meßgenauigkeit	1—3%
	Meßfrequenz	von 50 Hz (Netz) (oder von außen) bis 10 kHz
	Brückenspeisung	Aus Netzgerät oder von außen aus fremder NF-Stromquelle
	Brückenspannung	Je nach geforderter Empfindlichkeit 6 V oder 24 V (umschaltbar)
	Leistungsaufnahme	ca. 20 V A
	Indikator	Magisches Auge oder Kopfhörer

Mit geringstem Materialaufwand läßt sich nach dieser Bauanleitung eine universell verwendbare Wechselstrommeßbrücke herstellen, die den Anforderungen der Praxis vollauf gerecht wird. Die hierzu benötigten Materialien sind zumindest für den einfachsten Fall, wobei nur ein hoch-ohmiger Kopfhörer als Indikatorinstrument benutzt wird, noch in den Bastelkästen vorhanden.

Betrachten wir zunächst die grundsätzliche Wheatstonsche Brückenschaltung.

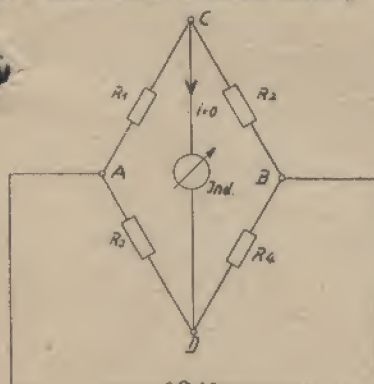


Abb. 1

Die Brücke befindet sich im Gleichgewicht, wenn der durch das Indikatorinstrument fließende Strom i gleich Null ist. Wendet man für diesen Fall die beiden Kirchhoffschen Gesetze an, so folgt daraus, daß für die einzelnen Brückenwiderstände folgendes Verhältnis bestehen muß:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad (1)$$

Widerstandsmessung

Faßt man nun gemäß Abb. 2 die Widerstände R_1 und R_2 zu einem Widerstand zusammen und greift den Indikatorstrom mit einem Schleifkontakt ab, so hat man die

Möglichkeit, durch Verschieben des Schleifers das Verhältnis der Widerstände $\frac{R_1}{R_2}$ zu verändern und so das Brückengleichgewicht herbeizuführen. Aus der Stellung des Schleifers ist dann das Verhältnis $\frac{R_1}{R_2}$ bekannt.

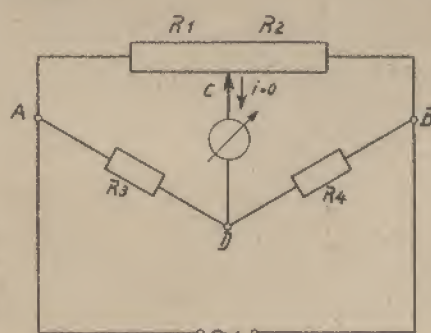


Abb. 2

Schaltet man nun den Widerstand R_4 als Widerstandsnormale in die Brücke ein, so ist dieser ebenfalls bekannt. Der Widerstand R_3 sei der zu messende, ist also unbekannt. — Da nun das Verhältnis $R_1 : R_2$ sowie R_4 bekannt ist, so erhält man nach Umformung der Formel (1) für den unbekannten Widerstand R_3 den folgenden Ausdruck:

$$R_3 = \frac{R_1}{R_2} R_4 \quad (2)$$

Diesen Ausdruck nutzt man zum praktischen Messen aus. Da der Normalwiderstand R_4 jeweils bekannt ist, braucht man nur noch innerhalb des Regelbereiches des Schleifkontaktes eine Skala anzubringen, die dann entsprechend der Schleiferstellung im Verhältnis $R_1 : R_2$ zu eichen ist. Wählt man jetzt den Normalwiderstand noch jeweils dekadisch, also zu 1 Ω, 10 Ω, 100 Ω usw., so läßt sich mit Leichtigkeit aus der Multiplikation des Verhältnisses $R_1 : R_2$ mit dem Normalwiderstand R_4 der unbekannte Widerstand R_3 ermitteln.

Kapazitätsmessung

Ersetzt man in der vorigen Schaltung den Normalwiderstand R_4 durch einen Normalkondensator von der Kapazität C_N und den unbekannten Widerstand R_3 durch einen unbekannten Kondensator von der Kapazität C_X , so erhält man die Brückenordnung nach Abb. 3.

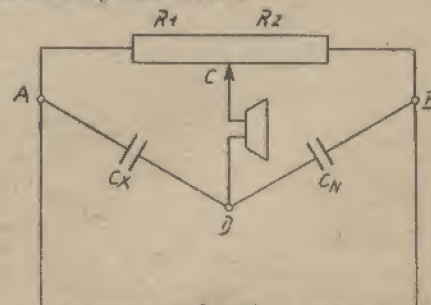
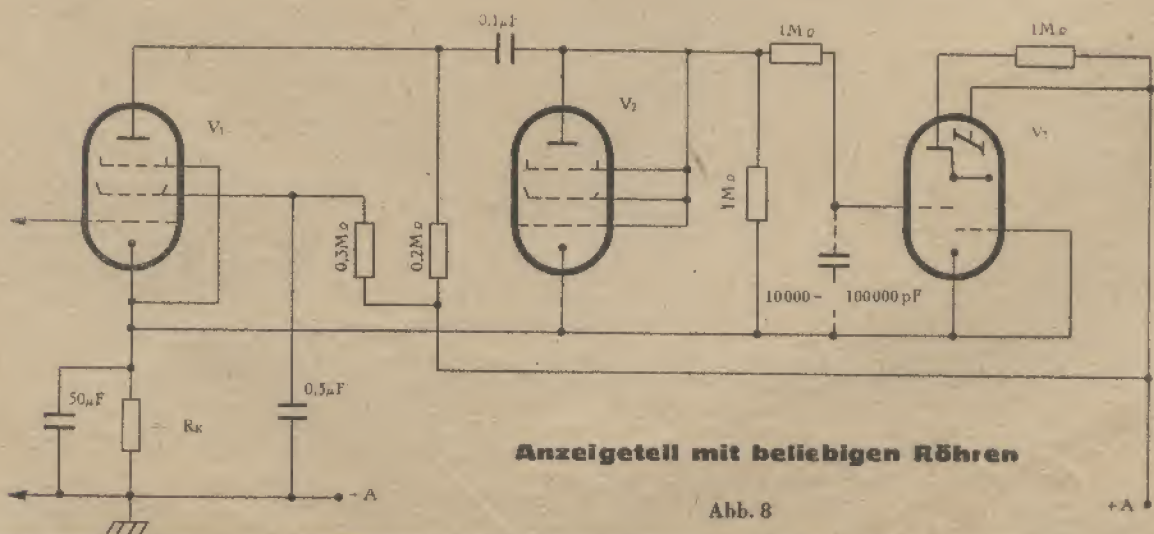
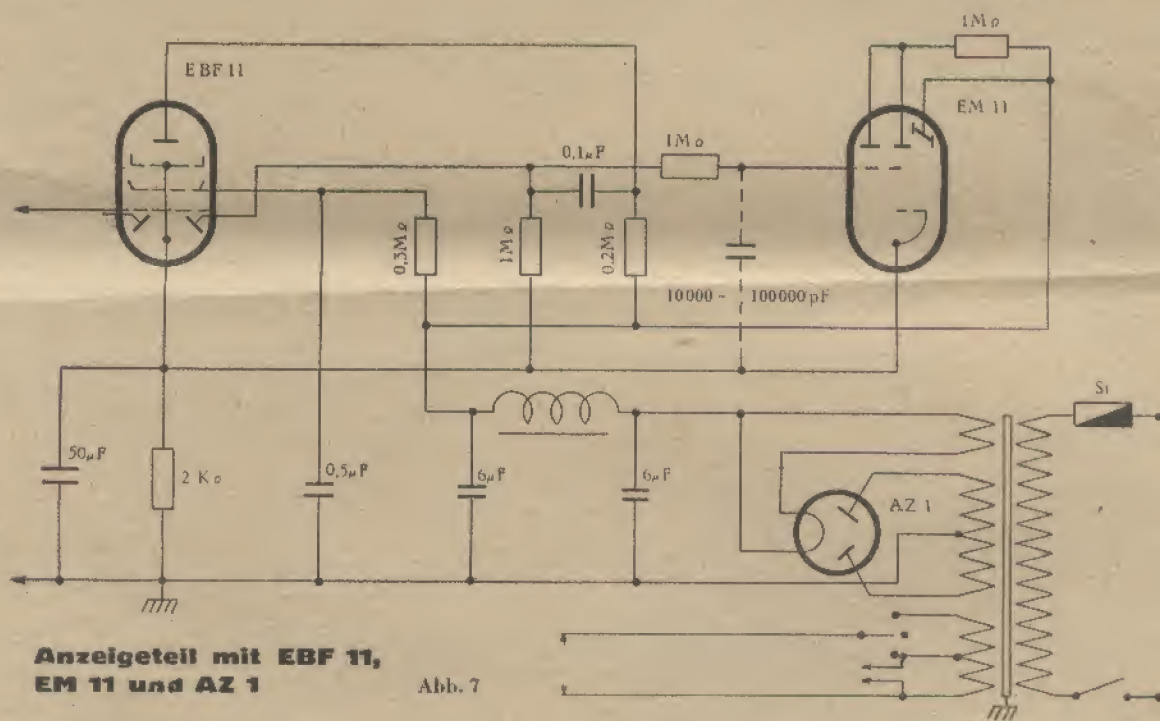
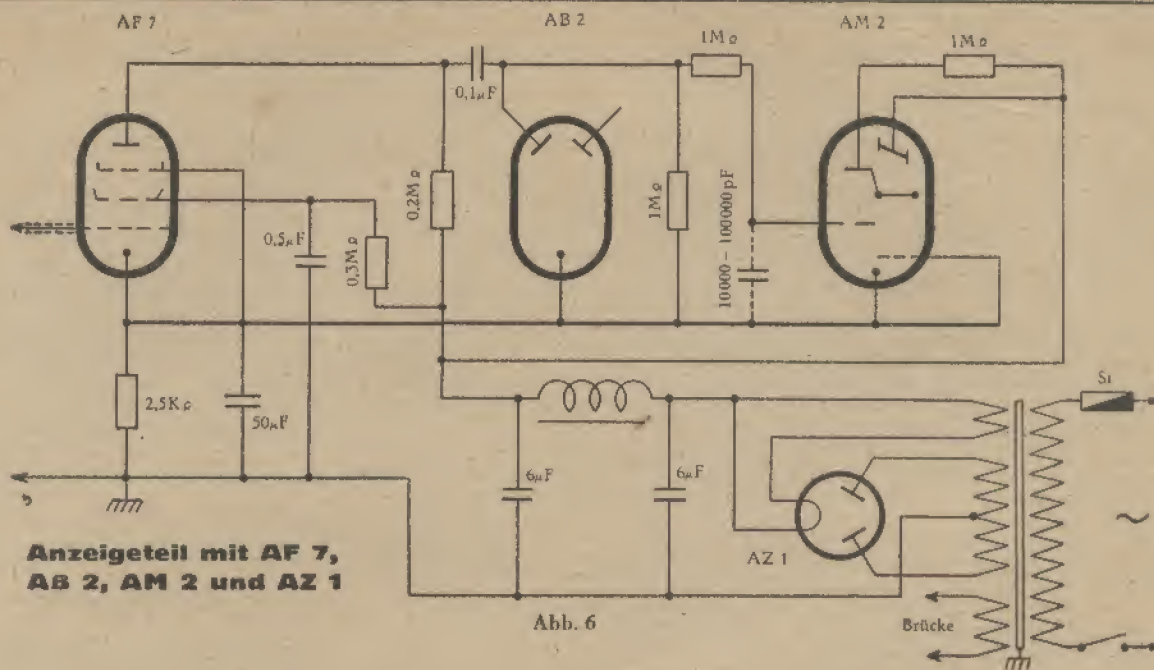


Abb. 3

Brückenschaltung mit Kopfhörer als Indikator



2. Ausführungsmöglichkeit mit Abstimmröhre (mag. Auge) als Indikator

In den Abb. 6 bis 8 sind drei Schaltungsausführungen bei Verwendung einer Abstimm-Anzeigeröhre (mag. Auge) als Indikator angegeben. Bei diesen Schaltungen wird zunächst immer die an den Brückenpunkten C und D (Meßdiagonale der Brücken) abgenommene Meßspannung in einer Penthode verstärkt. Nach Verstärkung erfolgt dann die Gleichrichtung der Indikatorspannung mittels einer Diode. Hierfür kann auch nach Abb. 8 eine Penthode verwendet werden, wenn sämtliche Gitter mit der Anode verbunden werden. Die am Arbeitswiderstand der Diode entstehende Indikator-Gleichspannung wird dann dem Gitter einer Anzeigeröhre zugeführt.

In Abb. 6 ist ein Schaltungsbeispiel mit den Wechselstromröhren AF 7, AB 2, AM 2 und AZ 1 wiedergegeben.

An den mit I und II bezeichneten Punkten schließt man den Verstärkereingang an die Meßdiagonale der Brücke an. Die Penthode AF 7 arbeitet normal als Widerstandsverstärker bei einem Kathodenwiderstand von $2,5 \text{ k}\Omega$ und einem Anodenwiderstand von $0,2 \text{ M}\Omega$. Um eine möglichst große Verstärkung zu erhalten, ist die Einschaltung der sehr hoch angegebenen Schirmgitter- und Kathodenkondensatoren erforderlich. Zur ungeschwächten Übertragung der verstärkten Indikator-Wechselspannung muß der Ankopplungskondensator zur Diode groß ausgeführt werden ($0,1 \mu\text{F}$). Von dem Arbeitswiderstand der Diode wird dem Anzeigegitter der AM 2 dann die gleichgerichtete Indikatorspannung über einen Widerstand von $0,5\text{--}1 \text{ M}\Omega$ zugeführt. Die so dem Anzeigegitter zugeführte gleichgerichtete Spannung ist nun noch mit einer relativ hohen Welligkeit behaftet, die je nach den vorliegenden Verhältnissen mit einem Kondensator von 1000 pF bis $0,1 \mu\text{F}$ geglättet werden kann.

Der Netzteil ist mit der Zweipolgleichrichterröhre AZ 1 ausgeführt. Die Siebung mit einer Netzdrossel sowie je $6 \mu\text{F}$ als Lade- und Siebkondensator ist ausreichend. In Abb. 7 ist als zweites Schaltungsbeispiel eine Schaltung mit der Verbundröhre EBF 11 und der Abstimm-Anzeigeröhre EM 11 wiedergegeben.

Abb. 8 zeigt schließlich die grundsätzliche Schaltung, bei der, da sämtliche Gitter mit der Anode verbunden sind, eine normale Penthode als Diodengleichrichter benutzt wird.

Für alle drei Schaltungsausführungen gilt für die Bemessung der Schaltteile das gleiche wie unter Abb. 6 ausgeführt wurde.

Aufbau, Abgleich und Eichung

Über den Aufbau der Meßbrücke ist noch zu sagen, daß die Verschaltung der zum Anzeigeteil gehörigen Röhren nicht besonders kritisch ist, lediglich muß besonders auf eine kurze und abgeschirmte Verlegung der Gitterzuleitung geachtet werden.

Die Anordnung der einzelnen Schaltelemente nimmt man am zweckmäßigsten nach der folgenden Abbildung vor:

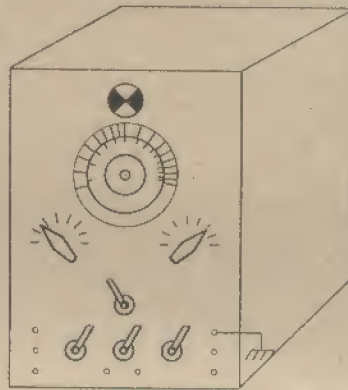


Abb. 9

Nach Abb. 9 sind an der linken Seite die Klemmen für den Prüfling und an der rechten Seite die für die fremde Meßspannung, darüber die Erdungsklemme angebracht. Auf halber Höhe sind die Stufenschalter für die R- und C-Normalien S_1 und S_2 vorgesehen, in der Mitte der oberen Hälfte ist der Drehspannungsteiler zur Brückenabstimmung und darüber das magnetische Auge angeordnet. Je nach Ausführung werden auf der unteren Hälfte, sinnvoll verteilt, die übrigen Schalter angeordnet.

Nachdem der mechanische Aufbau fertiggestellt ist, wird zunächst der Anzeigeteil fertig geschaltet. Bevor man nun die Widerstands- und Kapazitätsnormalien einbaut, müssen zunächst die mit R_1 und R_2 in Reihe geschalteten Widerstände abgeglichen werden. Hierzu werden außen zwei genau gleich große Widerstände für RN und RX angeschlossen und die Serienwiderstände von R_1 und R_2 so lange um geringe Beträge verändert, bis das Minimum in der Abstimm-Anzeigeröhre sowohl bei offenem und auch bei geschlossenem Schalter S an derselben Schleiferstellung liegt. Hiernach werden die einzubauenden Normalwiderstände und Normalkapazitäten auf die Werte in vorher gebrachter Tabelle abgeglichen und eingebaut. Zur Eichung der Drehspannungsteilerstellung im Verhältnis $R_1 : R_2$ stellt man mit einer Anzahl genau bekannter Widerstände die Brückenverhältnisse von 0,1 bis 10 bzw. für die 2. Skala für genauere Messungen von 0,5 bis 2,0 ein und markiert am Drehspannungsteiler die erhaltenen Eichpunkte.

Bei der Messung kleinerer Kapazitäten machen sich im steigenden Maße die Stör- und Schaltkapazitäten bemerkbar, so daß eine genaue Messung kleiner Kapazitätswerte u. U. nicht mehr möglich ist. Zweck der Erreichung einwandfreier Meßergebnisse müssen diese Störkapazitäten durch entsprechend geschaltete Zusatzkapazitäten ausgeglichen werden.

Wie in Abb. 4 und 5 gezeigt, besitzen beide Klemmen der Stromquelle eine Kapazität gegen Erde (C_{S1} und C_{S2}), die meist von verschiedener Größe sind, so daß eine Unsymmetrie der Brücke entsteht. Die Störkapazitäten liegen nun in der Brückenschaltung parallel zu der zu messenden Kapazität gegen Erde. — Wird nun die kleinere der beiden Störkapazitäten auf den Wert der größeren gebracht, so ist die Brücke wieder symmetrisch und liefert die richtigen Meßergebnisse.

Literaturhinweise:

1. W. Skirl, Elektrische Messungen.
2. H. Lennartz, Praktische Meßgeräte.

HFT-Briefkasten

Der von uns eingerichtete Briefkastendienst gibt allen Lesern Gelegenheit, auf allgemein interessierende Fragen der Funktechnik sowie der allgemeinen Elektrotechnik einzugehen.

Jeder Anfrage an den Briefkastendienst ist ein Unkostenbeitrag von RM 1,50 und Rückporto beizufügen. Briefe, die ohne Gebühr und Rückporto hier eingehen, können nicht beantwortet werden.

Die Anfragen bitten wir kurz und klar abzufassen und evtl. Prinzipschaltungen beizufügen.

Außerhalb des Briefkastendienstes werden auch Schaltungsentwürfe und spezielle Entwicklungen, z. B. mit kommerziellen Röhren und dgl. vorgenommen.

Literaturauskunft

Gegen einen Unkostenbeitrag von RM 0,75 und Rückporto geben wir über einzelne besonders interessierende Themen aus der Rundfunktechnik sowie der allge-

meinen Elektrotechnik Literatursauskunft. Bezugsquellen für Rundfunkmaterial und Fachbücher können nicht genannt werden.

Berechnungsdienst

Nach Angabe von speziellen technischen Daten werden Einzelberechnungen nach vorherigem Kostenanschlag ausgeführt.

Anregungen aus dem Leserkreis bzw. zur Veröffentlichung geeignete Manuskripte werden jederzeit gern entgegengenommen.

Anfragen sind zu richten an die Schriftleitung der „HFT“.

Entwicklungen

Das HFT-Labor führt spezielle Entwicklungen von Empfängerschaltungen, Geräten und Einzelteilen nach Angabe des jeweils vorhandenen Materials durch.

Besondere Wünsche können berücksichtigt werden.

Zuschriften sind an das HFT-Labor Ing. H. Zimmermann, Hamburg 1, Stiftstr. 15, zu richten.

Um das weitere pünktliche Erscheinen der »HFT« zu sichern, werden alle unsere Leser gebeten, jede, auch die kleinste Menge an

Altpapier

dem Verlag zugänglich zu machen.

Der Verlag